

# 東伊豆町における津波避難計画の策定

青柳 一輝<sup>1</sup>・土屋 雅雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社パスコ 中央事業部 技術センター コンサルタント技術部 防災課  
(〒153-0042 東京都目黒区青葉台 3-10-1 VORT 青葉台 II 2F)

E-mail: kiagzal201@pasco.co.jp

<sup>2</sup>非会員 東伊豆町 防災課 (〒413-0411 静岡県賀茂郡東伊豆町稲取 3354)

E-mail: bousai@town.higashiizu.lg.jp

本稿では東伊豆町における津波避難シミュレーションを用いた津波避難計画を報告する。

東北地方太平洋沖地震津波の後、日本の大規模津波に対する防災は、ハード対策からソフト対策に転換した。このソフト対策の一つに津波避難計画の策定がある。

津波避難計画では避難困難地域が検討されるが、多くの場合、避難困難地域は浸水想定範囲のうちの避難先からの一定距離の円で作成される避難可能地域を除く地域とされる。しかしながら、この手法は避難者の初期位置や時間経過を考慮していないという課題がある。本研究ではネットワークモデルによる津波避難シミュレーションによりこれを解決した。

**Key Words :** Higashi Izu town, tsunami evacuation planning, evacuation simulation, difficult-to-evacuation zone, tsunami evacuation animation

## 1. はじめに

東日本大震災以降、日本の津波防災は大きく変わった。津波防災地域づくりに関する法律（平成 23 年法律第 123 号）に基づき、海に面した都道府県は、今後発生する可能性がある最大クラスの津波発生時の浸水想定結果を公表しなくてはならない。これを受け、市町村では、津波防災地域づくりを総合的に推進するための推進計画や、津波防災に関する取組を具現化した津波避難計画を策定する必要がある。

また、東日本大震災の教訓等をふまえて、平成 23 年 12 月に中央防災会議で修正された防災基本計画では、「最大クラスの津波に対して避難を軸にハード・ソフトの対策を柔軟に組み合わせる」ことが示され、津波による危険が予想される市町村では、津波避難計画を策定する際に、具体的な津波避難シミュレーション等を通じて、地域性を加味した策定を行うとともに、その内容の住民等への周知徹底を図ることが求められた。

東伊豆町では、平成 28 年度に東日本大震災を契機として改定された防災基本計画や、消防庁の津波避難対策推進マニュアル検討会報告書<sup>1)</sup>、静岡県の大規模地震対策「避難計画策定指針」<sup>2)</sup>、静岡県や東伊豆町の地域防災計画等をふまえ、津波避難計画の策定を行った。

## 2. 津波避難計画

津波避難計画の策定に当たり、防災基本計画、津波避難対策推進マニュアル検討会報告書<sup>1)</sup>、静岡県の大規模地震対策「避難計画策定指針」<sup>2)</sup>、静岡県地域防災計画、東伊豆町地域防災計画等の資料から、津波避難対策に関する取組事項を整理した。

津波避難計画策定指針等には様々なものがある<sup>1),2),3)</sup>が、いずれの場合も予想される津波の到達までに浸水想定範囲の外側、もしくは避難の必要がない安全な場所（津波避難ビル等）へ避難することが困難な地域である「避難困難地域」の検討が求められている。

避難困難地域の検討手法の一つに避難先等から移動可能な直線距離を半径とした円を作成し、避難困難地域を算出する手法がある<sup>4),5)</sup>。一例を図-1に示す。

しかしながら、この手法は、避難者の初期位置を考慮することはできない。また、津波の到達し浸水が広がる過程と、避難者の移動過程について、経過時間ごとに評価をすることはできない。

著者らは、避難困難地域の検討及び人的被害の定量的評価を目的として、津波からの避難シミュレーションを実施した。さらに、避難シミュレーションの理解を助けることを目的として、避難シミュレーションにおける避難過程を可視化し、アニメーションを作成した。

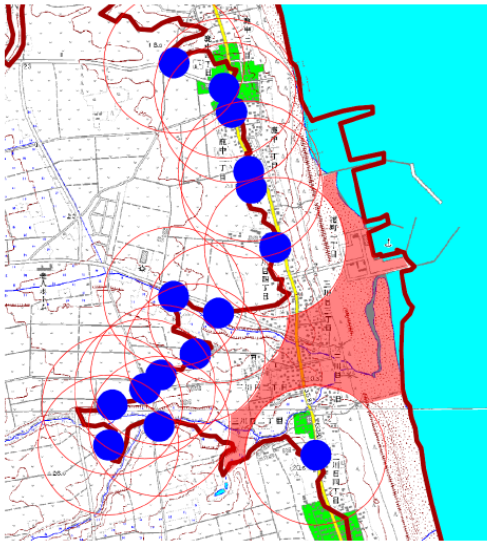


図-1 避難困難地域算出の一例<sup>9)</sup>、青丸が避難先、赤い円の内側が移動可能な範囲、赤く塗られている箇所が避難困難地域。

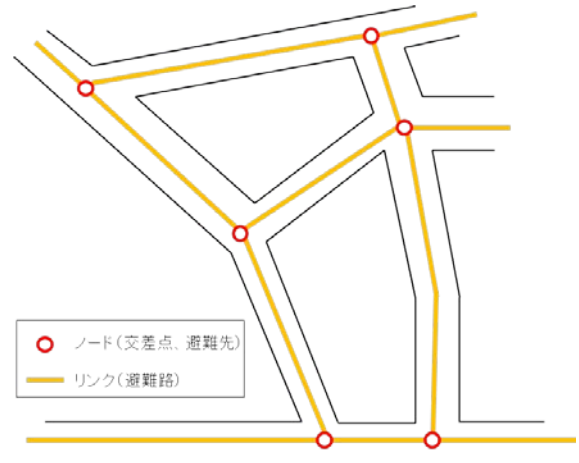


図-2 避難路ネットワークの模式図

難看板の整備といった津波避難対策をとった後に津波が来た場合（以下、対策後）の2ケース行った。

### 3. 津波避難シミュレーション

#### (1) 避難シミュレーションモデル

避難シミュレーションモデルについて、今村ら<sup>9)</sup>は対象地区の取り扱い方で、実際の市街地街路パターンをそのまま利用するブロック型、実際の市街地街路パターンをノードとリンクからなるネットワークで表現するネットワーク型、実際の市街地街路パターンをメッシュで表現するメッシュ型にモデルの分類を行っている。

本研究では青柳ら<sup>7)</sup>の開発した避難シミュレーションシステムを用いている。これは、避難路網の交差点と避難路をノードとリンクで表現し、避難者の初期位置から避難先を目指すネットワーク型のモデルである。本システムはシミュレーションのためのデータセットを構築するのに必要な資料の収集が容易で、汎用性が高い特徴があり、能代市等の津波避難計画の策定に用いられた実績<sup>8)9)</sup>がある。避難路ネットワークの模式図を図-2に示す。

避難路ネットワークは地形図や住宅地図を基に作成し、現地踏査や住民等の意見により修正を行った。

#### (2) 対象津波

静岡県第4次地震被害想定<sup>10)</sup>において、最大クラスの津波のうち、東伊豆町に最も早く到達するとされている「相模トラフケース1」及び東伊豆町で最も高い津波高となる「南海トラフケース8」を対象とした。

#### (3) 計算ケース

計算ケースは現状で東伊豆町に津波が来た場合（以下、現状）と防災訓練、防災教育の十分な実施や避難路や避

#### (4) 避難対象地域

津波の浸水が想定される地域を避難対象地域とした。

#### (5) 被災の判定

浸水深1cm以上の津波に避難者が巻き込まれた時点で被災とした。

#### (6) 避難者の人数及び初期位置

避難者として、住民と観光客を設定した。

住民の人数は住民基本台帳（平成28年8月）を用いて東伊豆町の行政区ごとに人口を集計し、固定資産家屋形状データの延床面積を用いて人口を案分し設定した。住民の初期位置は、住民が皆自宅に帰っていると仮定し、固定資産家屋形状データの重心とした。

観光客の人数は、宿泊施設の収容人数とした。観光客の初期位置は、宿泊施設形状データの重心とした。

住民と観光客のうち、配置された初期値が浸水想定範囲内にある場合、避難者とした。

収容人数の多い建物の場合、1度に避難できる人数に制限を加えた。式を以下に示す。

$$N=X+Y \quad (1)$$

$$G=N/10 \quad (2)$$

$$N_x=X/G \quad (3)$$

$$N_y=Y/G \quad (4)$$

ここで、 $N$ は任意の施設の総人数、 $X$ は任意の施設の健常者の人数、 $Y$ は任意の施設の避難行動要支援者の人数、 $G$ は任意の施設の総避難グループ数、 $N_x$ は1つの避難グループにおける健常者の人数、 $N_y$ は1つの避難グループにおける避難行動要支援者の人数である。

避難は避難開始から5秒ごとに1つの避難グループずつ避難できることとした。

**(7) 避難者の分類**

避難者は健常者と避難行動要支援者の2つに分類した。ここで、避難行動要支援者は以下の通り定義した。

- ・ 0～4歳の人口に2を乗じたもの（乳幼児とその保護者を想定）
- ・ 高齢者（65歳以上）の人口
- ・ 障がい者
- ・ 外国人
- ・ 観光客

**(8) 避難者の移動速度**

現状の避難者の避難速度は消防庁資料<sup>1)</sup>を参考に、健常者が1.0m/s、避難行動要支援者は0.5m/sとした。

対策後の避難者の避難速度は、防災訓練、防災教育の十分な実施や避難路や避難看板の整備の効果として、健常者が1.2m/s、避難行動要支援者は0.6m/sとした。

**(9) 避難開始時間**

現状の避難者の避難開始時間は、消防庁資料<sup>1)</sup>を参考に、地震発生から5分後とした。

対策後の避難者の避難開始時間は、消防庁資料<sup>1)</sup>を参考に、防災訓練、防災教育の十分な実施の効果として、地震発生から2分後とした。

**(10) 津波避難先**

津波避難先は浸水域外及び津波避難施設とした。

津波避難施設へ避難する場合、避難施設到着後に安全な階層までの避難の時間として、健常者の場合は一律1分を、避難行動要支援者の場合は一律2分を加えて避難完了とした。

避難者の避難経路選択は、ダイクストラ法により避難者の初期位置から最も避難距離の短い避難先とすることを基本としているが、一部、地元住民の意見等をふまえ、避難方向や避難先を修正した。

**4. 津波避難シミュレーション結果****(1) 現状****a) 相模トラフケース1（現状）**

現状における相模トラフケース1の避難シミュレーション結果を表-1に示す。

計算の結果、健常者の10%、避難行動要支援者の36%、観光客の25%が被災するという結果となった。また、避難所充足率は、11%であった。

代表例として、市街地部分における健常者、避難行動要支援者、観光客の避難シミュレーション結果を図-3に示す。

これより、海岸に近く、避難先に遠い初期位置の避難者が避難に失敗していることが分かる。

**b) 南海トラフケース8（現状）**

現状における南海トラフケース8の避難シミュレーション結果を表-2に示す。

計算の結果、現状では、健常者の被災はなく、避難行動要支援者の1%弱、観光客の1%が被災するという結果となった。また、避難所の利用者はいなかった。

相模トラフケース1よりも被害が少ない理由は、津波の到達時間が相模トラフケース1よりも遅いため、避難時間を確保できたためである。

代表例として、市街地部分における健常者、避難行動要支援者、観光客の避難シミュレーション結果を図-4に示す。

**(3) 対策後****a) 相模トラフケース1（対策後）**

対策後における相模トラフケース1の避難シミュレーション結果を表-3に示す。ここで、避難行動要支援者数の合計が現状の相模トラフケース1と一致しないのは、避難者整数地に戻す際の四捨五入の影響である。

計算の結果、健常者の被災はなく、避難行動要支援者の8%、観光客の1%弱が被災するという結果となった。また、避難所の利用者はいなかった。

現状よりも被害が少ない理由は、津波対策の効果により、避難時間を確保し、速い速度で避難したためである。

代表例として、市街地部分における健常者、避難行動要支援者、観光客の避難シミュレーション結果を図-5に示す。

**b) 南海トラフケース1（対策後）**

対策後における南海トラフケース8の避難シミュレーション結果を表-4に示す。

計算の結果、健常者、避難行動要支援者、観光客のいずれも被災はないという結果となった。また、避難所の利用者はいなかった。

代表例として、市街地部分における健常者、避難行動要支援者、観光客の避難シミュレーション結果を図-6に示す。

**(4) 避難困難地域**

静岡県第4次地震被害想定<sup>10)</sup>に基づき、相模トラフケース1と南海トラフケース8について、現状で避難シミュレーションを行った結果を基に、徒歩で津波浸水域外へ避難することが困難な地域を津波避難困難地域として設定した。代表例として、市街地部分における避難困難地域を図-7に示す。



表-1 相模トラフケース1 (現状) 単位:人

	健常者	避難行動要支援者	観光客
避難完了	865	529	1,971
被災	99	299	669
合計	964	828	2,640

表-2 南海トラフケース8 (現状) 単位:人

	健常者	避難行動要支援者	観光客
避難完了	991	840	2,614
被災	0	12	20
合計	991	852	2,634

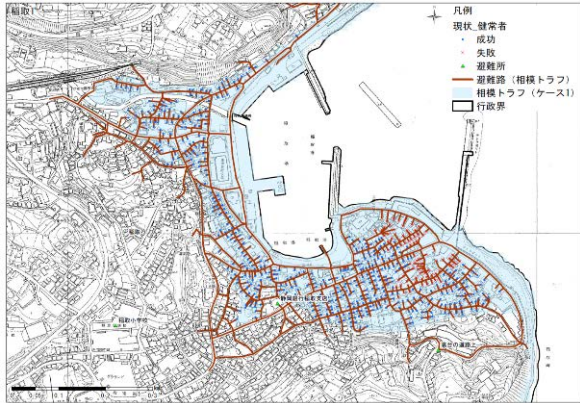


図-3(1) 相模トラフケース1 (現状, 健常者)

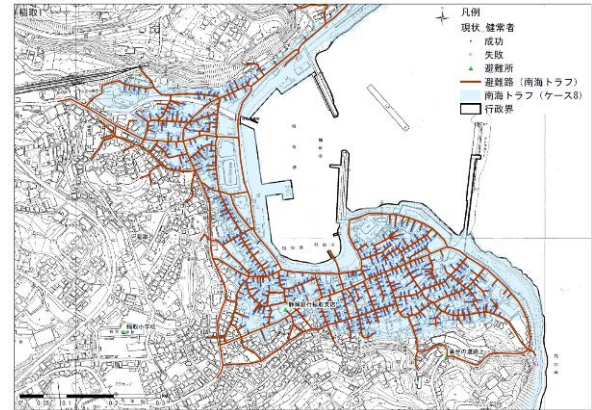


図-4(1) 南海トラフケース8 (現状, 健常者)

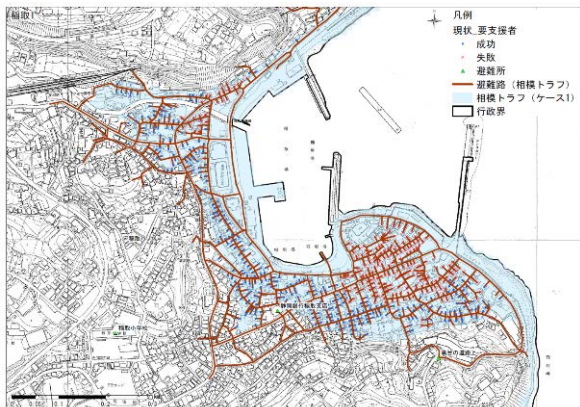


図-3(2) 相模トラフケース1 (現状, 避難行動要支援者)

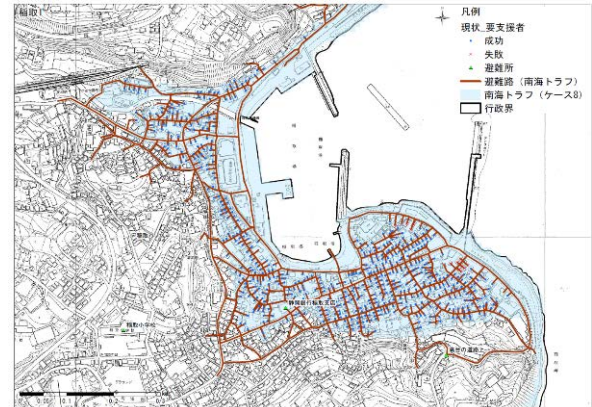


図-4(2) 南海トラフケース8 (現状, 避難行動要支援者)

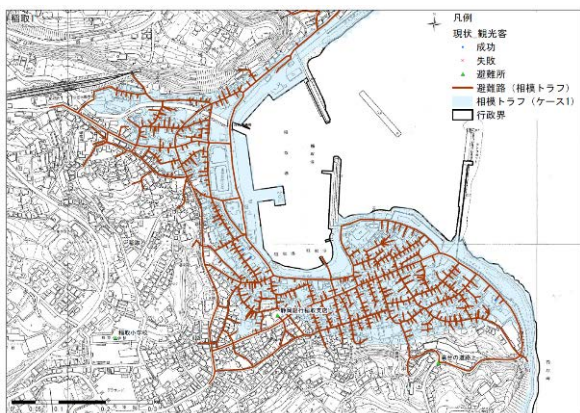


図-3(3) 相模トラフケース1 (現状, 観光客)

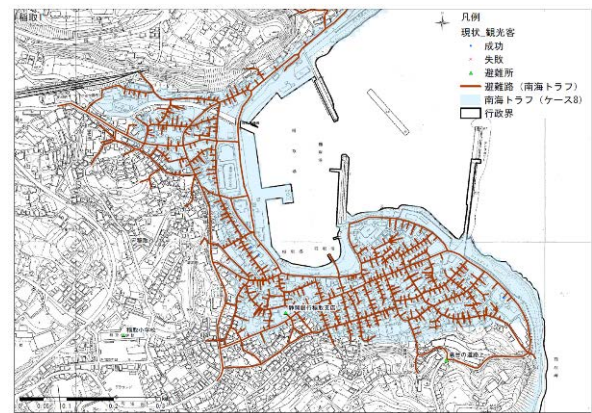


図-4(3) 南海トラフケース8 (現状, 観光客)



表-3 相模トラフケース1 (対策後) 単位:人

	健常者	避難行動要支援者	観光客
避難完了	964	761	2,620
被災	0	66	20
合計	964	827	2,640

表-4 南海トラフケース8 (対策後) 単位:人

	健常者	避難行動要支援者	観光客
避難完了	991	852	2,634
被災	0	0	0
合計	991	852	2,634

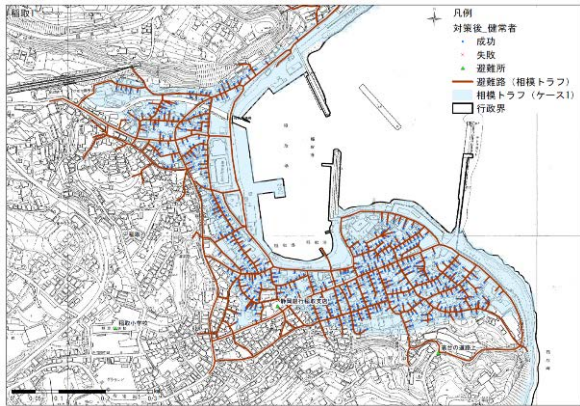


図-5(1) 相模トラフケース1 (対策後, 健常者)

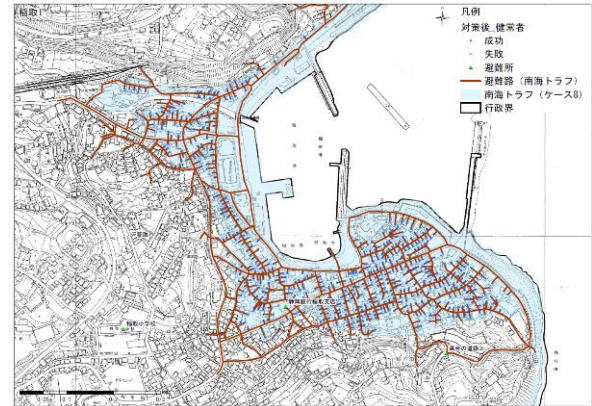


図-6(1) 南海トラフケース8 (対策後, 健常者)

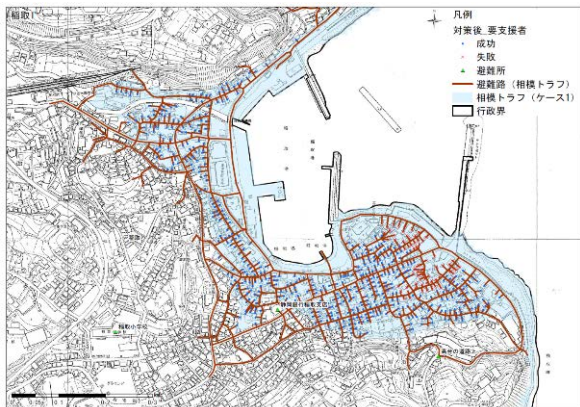


図-5(2) 相模トラフケース1 (対策後, 避難行動要支援者)

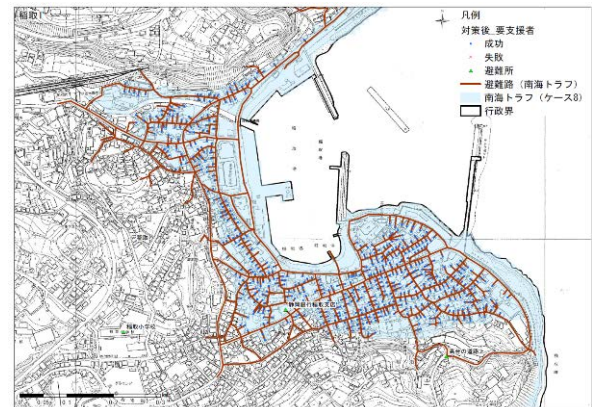


図-6(2) 南海トラフケース8 (対策後, 避難行動要支援者)

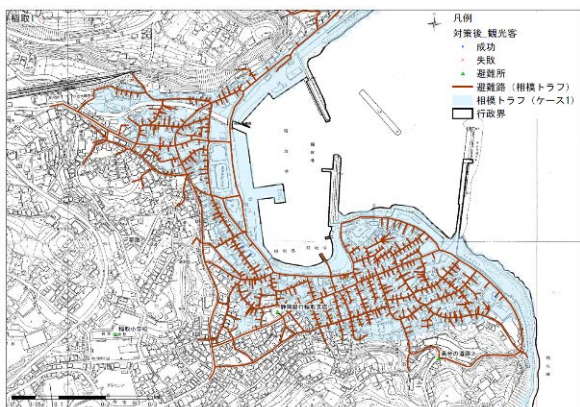


図-5(3) 相模トラフケース1 (対策後, 観光客)

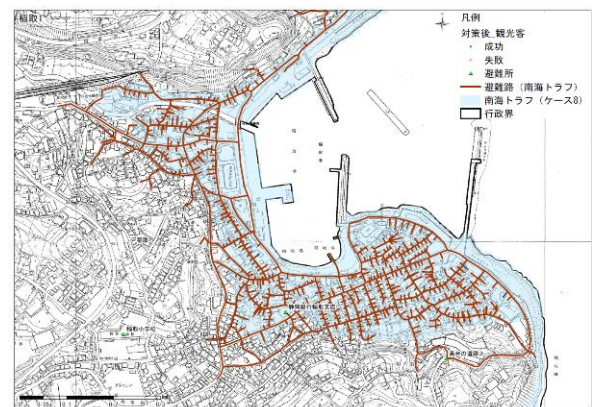


図-6(3) 南海トラフケース8 (対策後, 観光客)



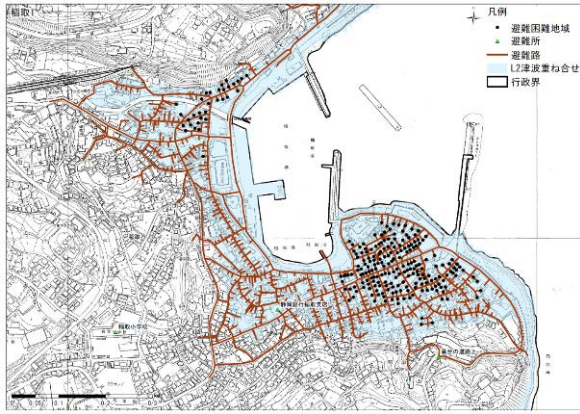


図-7 避難困難地域 (市街地部分)

## 5. 津波避難アニメーション

本研究では、防災基本計画に示された、津波避難シミュレーション結果を住民へ周知徹底するためのツールとして、津波避難シミュレーションの避難過程を可視化し、アニメーションを作成した。一例として、市街地部分の現状、相模トラフケース1の避難シミュレーション過程を可視化したアニメーションを図-8に示す。

アニメーションでは避難者として健常者を青の丸、避難行動要支援者を黄色の丸として示している。避難者は薄い赤色で示される浸水範囲の外側や避難先にダイクストラ法を基本に設定された避難経路を通り避難する。浸水部分はうすい青色で塗られることとなり、避難に成功すれば画面から消えるが、浸水に巻き込まれ被災した場合は赤のバツ印がつくこととなる。

このアニメーションより、市街地部分では、地震発生から5分後に避難が開始され、9分後に、海沿いの避難路で被災者が発生、10分後には被災が大きく広がり、11分30秒後にはすべての避難者に対して、避難の成否が出ていることが分かる。

これにより東伊豆町における津波の危険性が視覚的に理解できる。

## 6. 津波避難マップ

地区ごとに作成した津波避難マップを図-9に示す。津波避難マップは津波避難シミュレーションの結果及び住民意見を反映する形で作成した。

津波避難マップは水害ハザードマップ作成の手引き<sup>1)</sup>を参考に、想定される最大の浸水範囲及び最大浸水深の他、避難所・避難場所や避難路に加え、津波避難シミュレーション結果及び住民意見をふまえた避難推奨方向を掲載している。

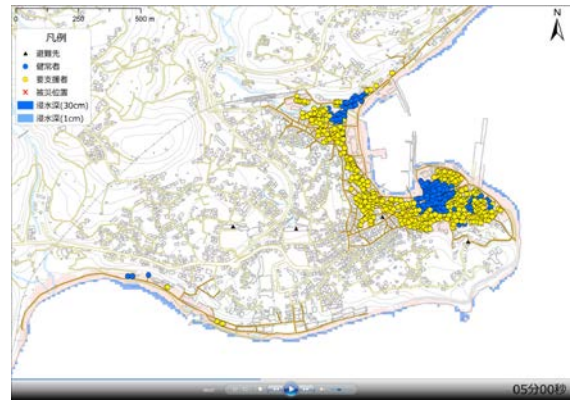


図-8(1) 避難アニメーション (現状, 5分後)

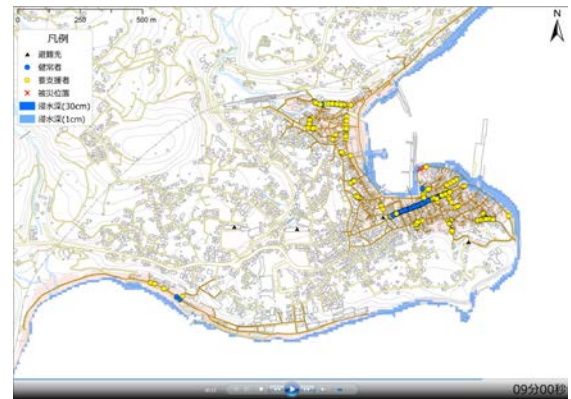


図-8(2) 避難アニメーション (現状, 9分後)

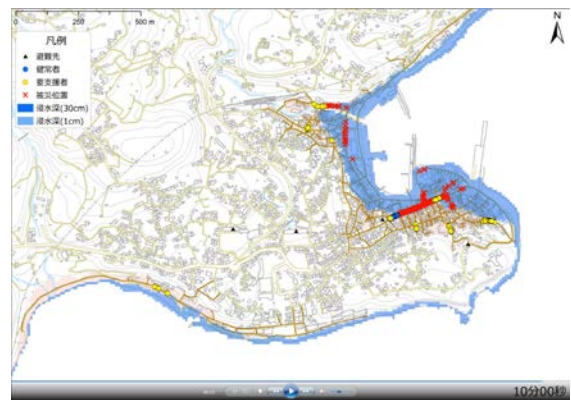


図-8(3) 避難アニメーション (現状, 10分後)



図-8(4) 避難アニメーション (現状, 11分30秒後)

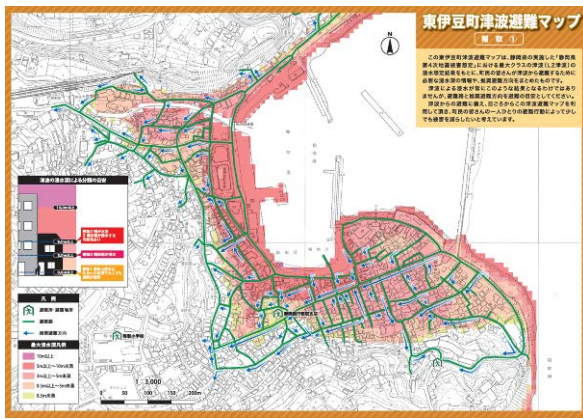


図-9 東伊豆町津波避難マップ

## 7. おわりに

東伊豆町の津波避難計画の策定にあたり、津波避難シミュレーションを実施し、避難困難地域の抽出、避難所充足率の確認及び人的被害の定量的評価を行った。さらに、住民より得られた意見を参考にし、住民意見を取り入れた津波避難計画とするとともに、津波避難マップを作成した。

今後の課題としては、県レベルではなく市町村レベルでより詳細な浸水想定を行い、より現実に即した避難の検討を行う必要がある。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、山田暁氏、岡田久幸氏には多大なるご支援を受けた。さらに、静岡県東伊豆

町より「平成28年度 津波避難計画策定支援業務」において得られた成果の使用許可を得た。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 消防庁国民保護・防災部防災課：津波避難推進マニュアル検討会報告書，2013.
- 2) 静岡県：大規模地震対策「避難計画策定指針」，2013.
- 3) 愛知県：市町村津波避難計画策定指針，2015.
- 4) 三沢市：平成 24 年度 津波避難計画，2013.
- 5) おいらせ町：おいらせ町津波避難計画，2014.
- 6) 今村文彦，鈴木介，谷口将彦：津波避難数値シミュレーション法の開発と北海道奥尻島青苗地区への適用，自然災害科学，Vol20，No2，pp.183-195，2001.
- 7) 青柳一輝，木下牧：津波避難計画の策定に適した避難シミュレーションシステムの開発，第 36 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.9-10，2017.
- 8) 青柳一輝，鈴木大雄，伊藤智，木下牧：能代市における津波避難計画の策定，東北地域災害科学研究，第 54 巻，pp.247-252，2018.
- 9) Aoyanagi, K., Kinoshita, M.: Tsunami Evacuation Planning by using Evacuation Simulation in Japan, *Abstract Proceedings of European Geosciences Union General Assembly 2018*, EGU2018-1407, 2018.
- 10) 静岡県：第 4 次地震被害想定関連資料，<https://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/shiryou.html>
- 11) 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課水防企画室：水害ハザードマップ作成の手引き，2016.

(2018. 7. 31 受付)

## TSUNAMI EVACUATION PLANNING IN HIGASHI IZU TOWN

Kazuki AOYANAGI and Masao TSUCHIYA

This paper reports Tsunami evacuation planning by using evacuation simulation in Higashi Izu town. After the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, disaster management of Large scale Tsunami in Japan was changed from structural measures to non-structural measures.

Tsunami evacuation planning is one of non-structural measures. In Tsunami evacuation planning, difficult evacuation area has calculated. In many cases, safety zone is made constant distance from the evacuation shelter and it is circle zone. Difficult-to-evacuation zone is outside of safety zone in inundation area. However, this way has two problems; one is ignoring the initial location of evacuee, the other is ignoring the time passage.

In this study, these problems were solved by using evacuation simulation.